

BOMBEAMENTO SOLAR

Paulo Cesar de Souza Martins¹

RESUMO

A energia solar fotovoltaica pode técnica e economicamente substituir as atuais fontes convencionais de energia para fins de bombeamento nas comunidades rurais do NE. A dispersão e a distância dessas mesmas fontes, torna-as aliadas do processo de desenvolvimento como um todo.

O presente trabalho demonstra, resumidamente, os passos para se compreender o dimensionamento de um sistema de bombeamento fotovoltaico e os parâmetros de cálculo exigidos num projeto.

O autor apresenta (Anexo I) uma lista dos sistemas de bombeamento em operação instalados e projetados pelo mesmo.

1 - INTRODUÇÃO

Estudos das Nações Unidas estimam que seriam necessárias quantias da ordem de 90 bilhões de dólares para resolver o problema de água potável no mundo.

Se esses recursos estivessem disponíveis, o problema da falta d'água no planeta não se resolveria de pronto, simplesmente, porque a água potável vem desde a década de 90 diminuindo paulatinamente em todo o mundo. Além do mais as taxas de crescimento populacional tem crescido vertiginosamente, dramatizando o problema.

O semi-árido do NE brasileiro caracterizado por baixos índices médios anuais de precipitação da ordem de 400 mm a 600 mm, distribuídos irregularmente por 2 a 3 meses do ano e com a média anual de 2 000 horas de irradiação solar favorece uma intensa evapotranspiração, tornando crítico e inseguro o acúmulo das águas superficiais para suportar longos períodos de seca.

Diante desse quadro os mananciais de águas subterrâneas revestem-se de singular importância, porém, a baixa disponibilidade energética limita a exploração desses recursos, como pode ser verificado pela Tabela 1, do índice de eletrificação rural do NE.

¹ Engo Agrônomo. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. End: Rua das Pernambucanas, 297, Bairro Graças, CEP 52011-010, Fax: 0xx81.2217456, Recife, PE, BR. E-mail: cprm@fisepe.pe.gov.br

Estado	Números de Propriedades		Índice (%)
	Total	Eletrificadas	
Maranhão	533.906	9.891	1,8
Piauí	271.766	16.485	6,1
Ceará	324.278	60.897	18,8
Rio Grande do Norte	116.582	25.777	21,7
Paraíba	204.621	13.408	6,5
Pernambuco	358.879	166.070	46,3
Alagoas	118.278	9.561	8,1
Sergipe	75.727	7.143	9,4
Bahia	744.458	76.057	10,2
Total	2.748.495	384.789	14

Fonte: CELPE

Tabela 1 - Índice de eletrificação rural no NE

Nestas circunstâncias a energia solar fotovoltaica pode satisfazer técnica e economicamente as necessidades hídricas dos seres humanos e das atividades agropastoris nas diversas localidades do NE. Segundo estudos da *Sandia National Laboratories* (Thomas, 1994), nos EUA o custo por Watt instalado decresce quando o sistema aumenta; comparando-se com o sistema a diesel ou a gasolina, para capacidades instaladas entre 100 e 700 W os custos são drasticamente reduzidos.

2 - CARACTERÍSTICAS DO BOMBEAMENTO SOLAR

a - Vazões instantâneas relativamente baixas e ininterruptas na maioria do tempo, conforme a localidade;

b - Alta rentabilidade do sistema.

O custo total do sistema (custo inicial + custo de manutenção) é competitivo em relação ao convencional, apesar do custo inicial ser bastante elevado. Deve-se acrescentar que nos sistemas de bombeamento a motores de combustão interna os custos de manutenção crescem ao longo do tempo.

c - pontual e modular, ou seja, pode-se aumentar a potência do sistema conforme a demanda por energia e instalá-la onde se queira.

3 - SISTEMA DE BOMBEAMENTO SOLAR

A Figura 1 mostra a composição da maioria dos sistemas de bombeamento solar fotovoltaicos.

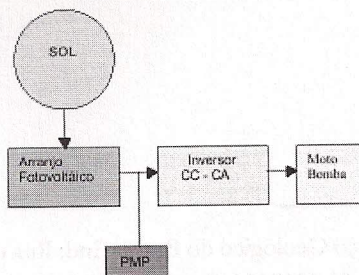


Figura 1 – Composição dos sistemas de bombeamento solar fotovoltaico.

3.1 - ARRANJO FOTOVOLTAICO

É o conjunto de módulos fotovoltaicos ligados em série e/ou em paralelo objetivando atingir a potência necessária ao conjunto moto-bomba. Vale ressaltar que a ligação em série aumenta a tensão do arranjo PV, enquanto que a paralela incrementa a corrente.

Os módulos são constituídos de células fotovoltaicas feitas de um material semicondutor, geralmente, o silício. Fundamentam-se no fenômeno fotovoltaico, no qual um fóton de luz ao incidir sobre uma junção semicondutora gera uma força eletromotriz contínua.

O arranjo é orientado faceando o norte verdadeiro com inclinação, em relação à horizontal, de igual latitude ou latitude mais 10° ou 15° , neste caso se otimiza a radiação solar nos meses de inverno.

3.2 - INVERSOR

Equipamento que transforma a corrente contínua do arranjo PV em corrente alternada, também chamado conversor DC/AC ou CC/CA.

Opera com tensões de entrada de 12 V, 24 V, 48 V e 120 V contínuos, convertendo-os em 120 V ou 240 V alternados na frequência de 50 ou 60 Hertz, monofásicos ou trifásicos conforme a bomba.

Sistemas mais simples de bombeamento usam motores de corrente contínua geralmente até 1000 Wp.

Em ambos os casos, podem-se usar um equipamento chamado de PMP (seguidor de máxima potência) entre o arranjo PV e o inversor que otimiza o sistema em situações de baixa radiação solar, ou seja, ajusta a curva do conjunto moto-bomba com a do arranjo PV de modo a percorrer o locus de máxima potência, mantendo o sistema em funcionamento, porém com decréscimo na vazão. A eficiência dos atuais inversores é de 95%, funcionando a plena potência de saída, e de 75-80% a 50% da mesma.

3.3 - CONJUNTO MOTO-BOMBA

As bombas podem ser do tipo centrífuga ou volumétrica. A centrífuga utiliza um mecanismo rotativo de alta velocidade, empurrando a água para cima; a volumétrica tem como princípio o deslocamento longitudinal de uma peça encerrada num cilindro fechado que joga a água para a superfície.

As centrífugas de superfície ou submersível são apropriadas para grandes vazões e pouca profundidade. Já as volumétricas são requeridas para grandes profundidades e baixas vazões. Enquadram-se nesse tipo as bombas de diafragma, pistão e as de cavalete (*jack pumps*).

A Figura 2 mostra os diversos tipos de conjunto moto-bomba em função da vazão e da profundidade de bombeamento.

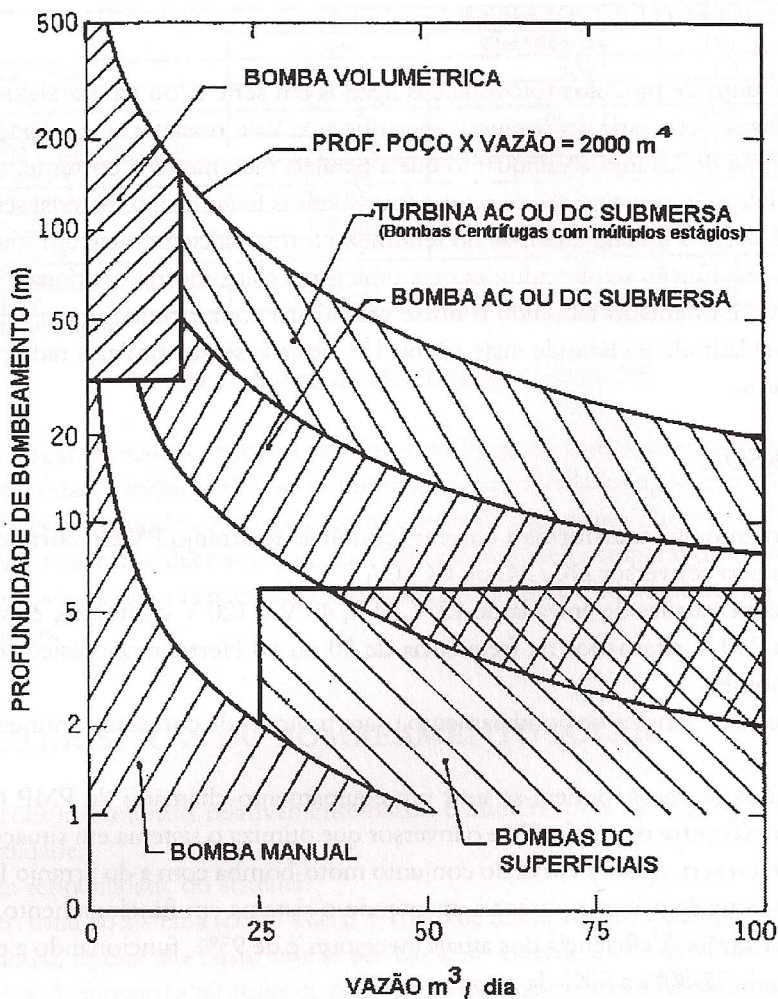


Figura 2 - Profundidade x vazão para diversos tipos de bomba (Tiba, 1999).

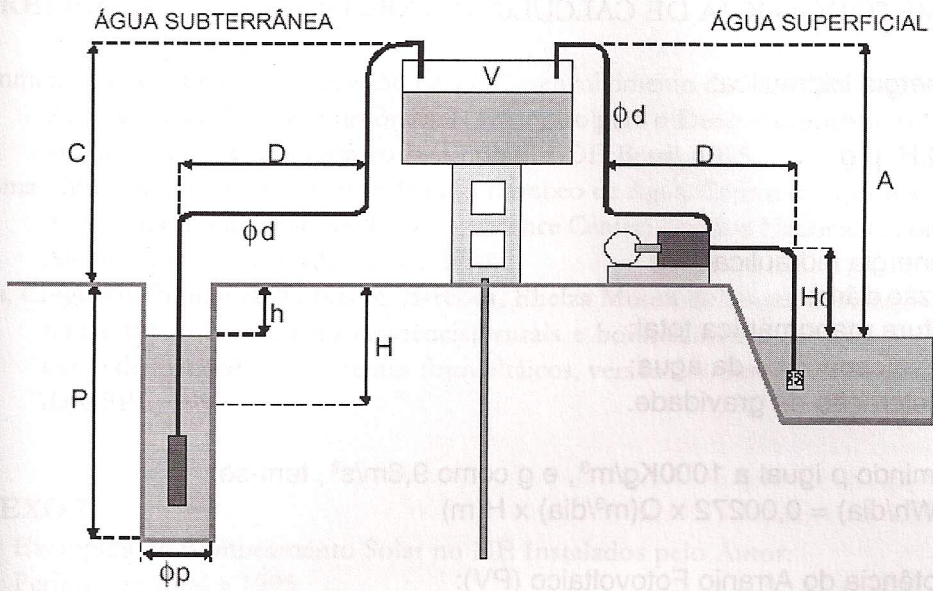
4 - PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

Os principais parâmetros para dimensionar um sistema de bombeamento solar fotovoltaico são:

- carga hidráulica;
- eficiência dos componentes eletromecânicos: inversor, motor e bomba;
- nível da radiação solar local.

4.1 - CARGA HIDRÁULICA

Semelhante ao sistema convencional necessita-se: da vazão de consumo, das características hidrogeológicas do poço, da altura do sistema de armazenamento e das perdas hidráulicas nas tubulações. A Figura 3 ilustra esses aspectos.



DETERMINAR:

Diâmetro do poço (ϕ_p)
 Profundidade do poço (P)
 Nível estático (h)
 Nível dinâmico (H)
 Vazão máxima diária (Q_{max})
 Perdas hidráulicas
 Altura em relação ao solo (C)
 Distância (D)
 Diâmetro da tubulação (ϕ_d)
 Volume de armazenamento (V)

DETERMINAR:

Lago, rio, açude, outros...
 Altura em relação ao nível d'água (A)
 Altura de sucção (H_0)
 Perdas hidráulicas
 Distância (D)
 Diâmetro da tubulação (ϕ_d)
 Volume de armazenamento (V)

Figura 3 - Esquema de um sistema de bombeamento.

4.2 - NÍVEL DE RADIAÇÃO SOLAR

Devido a sazonalidade do recurso solar, escolhe-se o mês de pior nível de radiação como dado de projeto.

4.3 - EFICIÊNCIA DOS COMPONENTES

Bombas e inversores atingem a máxima eficiência quando trabalham nas condições nominais dadas pelo fabricante. Certamente ao longo do ano essa eficiência será menor que a prevista.

O caráter estocástico da radiação solar impede qualquer previsão segura da eficiência média desses componentes no ano.

Em resumo, para fins de projeto, a eficiência do sistema inversor-moto-bomba é da ordem de 25% a 40%.

4.4 - METODOLOGIA DE CÁLCULO

a - Energia Hidráulica:

$$E_h = Q.H. \rho.g$$

Onde:

E_h - energia hidráulica;

Q - vazão diária;

H - altura manométrica total;

ρ - peso específico da água;

g - aceleração da gravidade.

Assumindo ρ igual a 1000Kg/m^3 , e g como $9,8\text{m/s}^2$, tem-se:

$$E_h (\text{KWh/dia}) = 0,00272 \times Q(\text{m}^3/\text{dia}) \times H(\text{m})$$

b - Potência do Arranjo Fotovoltaico (PV):

$$P_{pv} (\text{KW}_p) = E_h (\text{KWh/dia}) / \eta_{imb} \times G_d (\text{KWh/dia}) \text{ onde:}$$

η_{imb} - rendimento do sistema inversor-motor-bomba;

G_d - radiação solar diária incidente

c - Vazão Máxima Bombeada pelo Arranjo PV:

$$Q_{max} (\text{m}^3/\text{h}) = 367 \times P_{pv} (\text{KW}_p) \times \eta_{imb} \times 1(\text{KWh/m}^2) / H(\text{m})$$

O termo $1(\text{KWh/m}^2)$ significa o número de horas de pleno sol. Esta vazão define a vazão do projeto considerando as condições limite de bombeamento do poço.

5 - DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Nas regiões longínquas e desprovidas de qualquer fonte convencional de energia as ditas fontes não convencionais de energia, especificamente a solar fotovoltaica, podem suprir técnica e economicamente as necessidades dessas comunidades.

De acordo com a Proposta de Política Nacional para o Desenvolvimento das Energias Renováveis (Stemmer, 1995), as Regiões Norte e Nordeste são as que apresentam condições mais favoráveis à utilização de fontes alternativas de energia, em razão da dificuldade de construção de novos aproveitamentos hidrelétricos, utilização em larga escala de combustíveis fósseis em sistemas isolados, contingente populacional elevado nas áreas rurais e disponibilidade de recursos solares, eólicos e de biomassa abundantes”.

O mesmo documento conclui que, qualquer localidade distante de pelo menos 10 km da rede elétrica, é mais vantajosa a opção fotovoltaica.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Stemmer, Gaspar Erich. Plano de Ação para o Desenvolvimento das Energias Renováveis Solar, Eólica e Biomassa no Brasil. II Encontro para o Desenvolvimento das Energias Solar, Eólica e Biomassa no Brasil. Brasília-DF, Brasil, 1995.
- Thomas, Michael G. .La Opción Solar Para El Bombeo de Agua. Centro de Apoyo al Diseño de Sistemas Fotovoltaicos (Design Assistance Center). Sandias National Laboratories. Albuquerque, New Mexico, EUA. 1994.
- Tiba, Chigueru; Fraidenraich, Naum; Barbosa, Elielza Moura de Souza. Instalação de sistemas fotovoltaicos para residências rurais e bombeamento de água: texto para curso de instalador de sistemas fotovoltaicos, versão 2.0. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1999.

ANEXO I

Exemplos de Bombeamento Solar no NE Instalados pelo Autor:
Período de 1994 a 1995

1. Localidade: Pedra Preta
Município: Japi - RN
Potência instalada: 960Wp
Insolação: 5 KWh/m².dia
Bomba : SP 5A-7 GRUNDFOS
Nível Estático: 5,10m
Nível Dinâmico: 17m
Vazão do Poço: 18m³/dia
Profundidade do Poço: 40m
Vazão do Projeto: 3.130L/h

2. Localidade: Lama II
Município: Japi - RN
Potência instalada: 960Wp
Insolação: 5 KWh/m².dia
Bomba: SP 5A-7 GRUNDFOS
Nível Estático: 3,10m
Nível Dinâmico: 16m
Vazão do Poço: 29m³/dia
Profundidade do Poço: 42m
Vazão do Projeto: 3.790L/h

3. Localidade: Lama I
Município: Japi - RN
Potência instalada: 960Wp
Insolação: 5 KWh/m².dia
Bomba: SP 8A-5 GRUNDFOS
Nível Estático: 4,60m

Nível Dinâmico: 7m
Vazão do Poço: 43m³/dia
Profundidade do Poço: 40m
Vazão do Projeto: 7.200L/h

4. Localidade: Campo Limpo
Município: Japi - RN
Potência instalada: 480Wp
Insolação : 5 KWh/m².dia
Bomba : SP 5A-7GRUNDFOS
Nível Estático: 4,60m
Nível Dinâmico: 7m
Vazão do Poço: 6m³/dia
Profundidade do Poço: 40m
Vazão do Projeto: 1.309L/h

5. Localidade: Boa Vista
Município: Parelhas - RN
Potência instalada: 960Wp
Insolação: 5 KWh/m².dia
Bomba: SP 5A-7GRUNDFOS
Açude: bomba submersa com flutuador
Vazão: 20.000L/dia

6. Localidade: S.Rafael
Município: Currais Novos - RN
Potência instalada: 106Wp
Insolação: 5 KWh/m².dia
Bomba: Shurflo modelo 9300
Açude: bomba submersa com flutuador
Vazão: 2.500L/dia